

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2001-313613

(43) Date of publication of application : 09.11.2001

(51) Int. Cl.

H04B 10/14
H04B 10/06
H04B 10/04
H01S 5/022
H01S 5/026
H01S 5/0687
H01S 5/12

(21) Application number : 2000-132850

(22) Date of filing : 27.04.2000

(71) Applicant : OPNEXT JAPAN INC

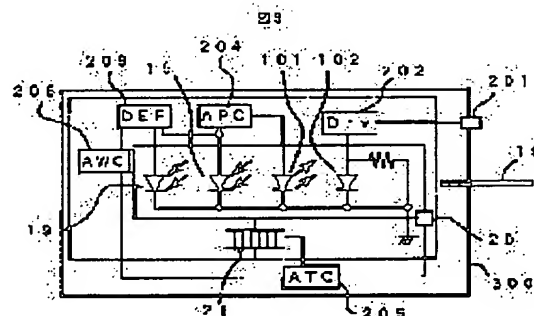
(72) Inventor : KUWANO HIDEYUKI
FUJITA MINORU
FUJIWARA YOSHITAKA
OTSUKI MASANORI
MAEDA FUMIHIDE
OYAMA TORU
KUROGUCHI KATSUMI

(54) OPTICAL TRANSMITTER AND OPTICAL TRANSMITTING DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To stably maintain an oscillation wavelength for a long period in optical output control by a method for controlling the driving current of a laser.

SOLUTION: This transmitter is provided with a wavelength monitor 19 for receiving light through a wavelength filter 18 having wavelength dependence and a wavelength stabilizing circuit 206 for feedbacking the differential output 113 of an optical output monitor 16 to a thermionic cooling element 21 or a DFB laser 101, and an optical output and an optical wavelength preliminarily set by the actions of an optical output stabilizing circuit 204, a temperature stabilizing circuit 205 and the circuit 206 are kept constant and stable for a long period.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-313613
(P2001-313613A)

(43) 公開日 平成13年11月9日 (2001.11.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 4 B 10/14		H 0 1 S 5/022	5 F 0 7 3
10/06		5/026	5 K 0 0 2
10/04		5/0687	
H 0 1 S 5/022		5/12	
5/026		H 0 4 B 9/00	S

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-132850 (P2000-132850)

(22) 出願日 平成12年4月27日 (2000.4.27)

(71) 出願人 301005371

日本オプネクスト株式会社
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地

(72) 発明者 △桑▽野 英之

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所通信事業部内

(72) 発明者 藤田 実

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所通信事業部内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

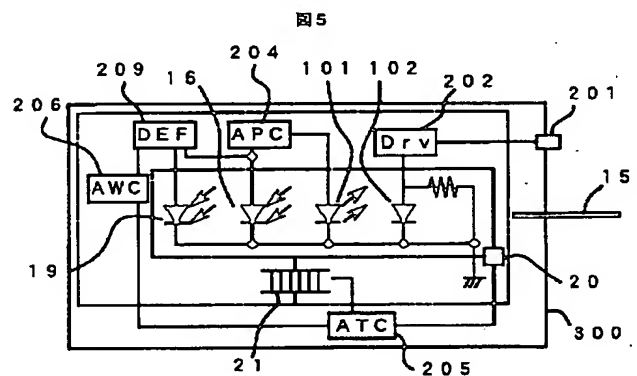
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光送信器および光伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 レーザの駆動電流を制御する方法による光出力制御では発振波長を長期間安定に維持させること。

【解決手段】 波長依存性を有する波長フィルタ18を介して受光する波長モニタ19、と光出力モニタ16の差分出力113を熱電子冷却素子21若しくはDFBレーザ101にフィードバックする波長安定化回路206を設け、光出力安定化回路204、温度安定化回路205、波長安定化回路206の作用によって予め設定された光出力、光波長を一定に長期間安定に維持することを特徴とする。



【特許請求の範囲】**【請求項1】** 発光素子と、

上記発光素子の一方の光出力を光ファイバに光結合する光学系と、

上記発光素子の他方の光出力の一部を受光し、該光出力の光電力を監視する第1の監視部と、

上記発光素子の他方の光出力の他部を受光し、該光出力の光波長を監視する第2の監視部と、

上記第1の監視部と上記第2の監視部の出力を入力とし、差分出力信号を出力する差分出力部と、

上記差分出力信号で上記発光素子を冷却する熱電子冷却素子を有する温度安定化部と、該差分出力信号で上記発光素子の上記一方の光出力を減衰させる半導体の電界吸収効果を用いた減衰部と、該差分出力信号で上記発光素子を加熱するヒータとの3つのうち少なくとも1つで構成された波長安定化部とを有することを特徴とする光送信器。

【請求項2】 前記発光素子が、回折格子によって縦共振モードを単一化した半導体レーザで、

上記半導体レーザと前記光学系との間に、半導体の電界吸収効果を用いた外部変調器を有し、

前記第2の監視部が、上記半導体レーザの前記他方の光出力の他部を、反射、あるいは、透過させることによって光波長依存性を有する波長フィルタと、

上記波長フィルタを反射、あるいは、透過した光出力を受光し、無反射膜コーティングを施された第2のフォトダイオードとで、

前記第1の監視部が、該監視部を反射させる場合は、高反射膜コーティングを施し、一方、該監視部を透過させる場合は、無反射膜コーティングを施された第1のフォトダイオードで構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光送信器。

【請求項3】 前記発光素子が、回折格子によって縦共振モードを単一化した半導体レーザで、

上記半導体レーザと前記光学系との間に、半導体の電界吸収効果を用いた外部変調器を有し、

前記第2の監視部が、上記半導体レーザの前記他方の光出力の他部を、反射、あるいは、透過させることによって光波長依存性を有する波長フィルタと、

上記波長フィルタを反射、あるいは、透過した光出力を受光し、無反射膜コーティングを施された第2のフォトダイオードで、

前記第1の監視部が、半導体の電界吸収効果を用いたモニタで構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光送信器。

【請求項4】 前記第1の監視部、あるいは、前記第2の監視部に入力する光が、レンズで集光されていることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の光送信器。

【請求項5】 互いに信号波長が異り、電気信号を該信号

波長の信号光に変換して出力する複数の請求項1から請求項4のいずれかに記載の光送信器を有し、

上記複数の信号光の受信端の上記各波長間で、該信号光の光電力と雑音光の光電力の和がほぼ一定であるか、あるいは、該信号光の光電力と雑音光の光電力の比がほぼ一定であることを特徴とする光伝送装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は長距離光通信、光ネットワークを構成する光伝送装置並びに同光伝送装置に用いる光源として使用するに好適な半導体レーザモジュール、光送信器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、光通信の高速化、大容量化の必要性に対して波長多重(Wavelength Division Multiplexing)による光通信方式が実用化されている。波長多重通信では一本の光ファイバに複数の波長の光信号を多重化して伝送することで従来の単一波長での伝送に比べ、多重化する波長の数に応じた伝送容量の拡大が図れる。

【0003】 一般に波長多重通信を行う伝送線路においてはカブラやフィルタで構成されるWDMユニットの透過損失が波長依存性を有するため異なる波長チャンネル間の伝送損失ばらつきを生じる。特に長距離伝送用に光ファイバ増幅器を用いた場合には、光ファイバ増幅器の利得スペクトルが波長依存性を有し、非平坦であることから、異なる波長チャンネル間の伝送損失ばらつきは更に大きくなる。

【0004】 この波長多重伝送を長期間安定して実現するためには多重化する各光信号の送信レベル(光信号強度)を各チャンネル毎に所定の値に長期間安定的に保持するとともに、各信号間の波長間隔を維持する必要がある。しかし、光伝送装置の光源である半導体レーザは、通常状態で長期間動作させた場合、レーザ素子活性領域の結晶欠陥(例えば、点欠陥や転位)が増殖され、これに伴い発光特性(光出力や、レーザ発振しきい電流値など)が経時変化を起こし、ついには寿命に至る。

【0005】 即ち半導体レーザは、通常状態での動作においてもレーザ素子の経時変化に伴い、その光出力が変動することが知られている。このため、光伝送装置に用いる従来の光通信用半導体レーザモジュールでは、例えば特開平4-50903号公報などに知られる如く、半導体レーザ後面から発光するレーザ光をモニタ用フォトダイオードで検出し、このモニタ光が一定となるように半導体レーザ駆動電流を制御し、光ファイバ出力を常に安定化させる自動光出力制御を行っている。

【0006】 また、外部変調器を集積した半導体レーザを使用した外部変調方式における光出力方式においては例えば特開平4-162481号公報などに知られる如く、電界吸収型外部変調器を集積した半導体レーザの光出力の変動を電界吸収型変調器に流れる光電流の変動として検出

し、この光電流が一定となるように半導体レーザ駆動電流を制御し、光出力を安定化させる自動光出力制御を行う方法も提案されている。

【0007】即ち、従来の技術において、光ファイバ出力を安定化させる自動光出力制御方法は、半導体レーザ後面からの光出力、若しくは、電界吸収型変調器に流れる光電流をモニタし、半導体レーザ前方から光出力、即ち光ファイバ出力を一定に保持するよう半導体レーザの駆動電流を制御している。後者の光電流が一定となるように半導体レーザ駆動電流を制御し、光ファイバ出力を安定化させる自動光出力制御を行う方法は温度補償を行うことが可能になるという利点を持つが、いずれの方法においてもレーザの駆動電流を制御することで光出力を一定に保持する点に大きな差異はみられない。

【0008】半導体レーザは半導体レーザ自体を極めて精度よく温度制御した状態においても半導体レーザの駆動電流（注入電流）の変動に伴うレーザ活性層部の温度変動が生じ、発振波長がレーザの駆動電流に応じて変動する特性を有している。

【0009】一例としては、常に半導体レーザを25℃に温度制御した状態で駆動電流を10mA変化させた場合、約0.05nmから0.1nm程度変動することが確認されている。これは多重波長間隔の数分の1の大きさであり、極めて大きな課題である。

【0010】従って、従来の光出力を一定に保持するための手段は光出力値を一定に保つことは可能であるが、レーザ駆動電流の変動に伴う発振波長変動を許容する条件で成立していたものである。

【0011】これらの課題に対して、例えば特開平11-122176号公報、特開平10-209546号公報などによる信号光の波長変動をモニタする機能を有するモジュールや制御回路の提案がなされたり、例えば特開平11-238946号公報、特開平10-079723号公報などによる波長変動のモニタ機能を光源である半導体レーザと同一のパッケージに集積した半導体レーザモジュールおよびその駆動方法などが提案されている。いずれの公知例においても従来の光源である半導体レーザモジュールの光出力をモニタするためのフォトダイオードのほかに透過損失が波長依存性を有するフィルタを介して信号光を受光し、波長変動をモニタするためのフォトダイオードが2つ必要である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】前述の通り波長多重光通信を長期間安定に実現するためには、多重化させる各信号の光出力レベルの安定化と同時に、各信号の波長間隔を高精度に維持する必要があるが、従来の光出力制御方式では波長安定性に関して考慮されていない。

【0013】即ち、従来のレーザの駆動電流を制御する方法では、波長多重光通信システム用途の光源用発光素子モジュールに要求される安定した光出力を維持すると

ともにその発振波長を安定に維持、動作させることが極めて困難な課題であった。

【0014】更に光ファイバアンプなどの伝送線路構成要素における伝送損失の波長依存性をによる波長チャンネル間の伝送損失ばらつきを補正するためにレーザ駆動電流を制御することで送信端での光出力を調整し、受信端での光強度レベルを調整すると、上記の通り、半導体レーザの発振波長も変動してしまう。このため、従来はレーザ駆動電流を制御によらない外部光減衰器などを光送信器の外部に取り付け、調整を行なう必要があることから送信系が非常に複雑かつ高コスト化してしまう欠点があった。

【0015】これに対し、例えば特開平11-122176号公報、特開平10-209546号公報などによる信号光の波長を安定化させるための波長変動をモニタする機能を有するモジュールを光送信器に組み込むことは発振波長を安定に維持、動作させることはできるが、波長モニタモジュールの実装領域を必要とするため光送信器が大型化するという課題がある。更に例えば特開平11-238946号公報、特開平10-079723号公報などによる波長変動のモニタ機能を光源である半導体レーザと同一のパッケージに集積した半導体レーザモジュール、および、その駆動方法では発振波長を安定に維持、動作させることはできるが、同波長制御方式では光出力と発振波長の独立制御が不可能であり、各チャンネルの波長を変動させることなく半導体レーザの経年劣化などによる光出力変動並びに伝送損失のチャンネル間ばらつきを補正する光出力の調節が困難である。

【0016】本発明の目的は、電界吸収型外部変調器を集積した半導体レーザ素子を光源とした光通信用半導体レーザモジュールの光ファイバ出力とその発振波長を長期間、常に安定に保持することができるとともに、また特に波長多重光伝送装置において各チャンネルの波長を変動させることなく光送信レベル調整が実現可能な半導体レーザモジュールとその駆動方法、並びに、それを用いた光伝送装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、光伝送装置の光源として用いる半導体レーザダイオードモジュールに半導体レーザ素子の発振波長に応じた信号を出力する機能を具備する。

【0018】具体的には半導体レーザの後端面の出力を透過損失が波長依存性を有する光学素子からなるフィルタを介して受光するフォトダイオードを具備し、光送信器に光出力を一定に保持するための光出力モニタ用フォトダイオードの出力と波長モニタ用フォトダイオードの出力の差分から波長変動を検出し、半導体レーザモジュールにフィードバックすることで波長を一定に保持し得る機能を具備した。

【0019】さらに、半導体レーザにモノリシック集積

化された光減衰器を用いて光出力を調節する機能を付加することで、各チャンネルの波長を変動させることなく、半導体レーザの経年劣化などによる光出力変動、並びに、伝送損失のチャンネル間ばらつきを調節できる。

【0020】また、半導体レーザ部分に埋蔵したヒータ部に供給する電流を制御することで発振波長を任意に変化させる機能を有する。

【0021】また、少なくとも異なる2波長以上の光波信号を同一の光伝送線路上に伝搬させることにより情報を伝達する波長多重光通信装置において、半導体レーザの経年劣化などに起因する光出力変動を補正する。

【0022】また、少なくとも異なる2波長以上の光波信号を同一の光伝送線路上に伝搬させることにより情報を伝達する波長多重光通信装置において、装置内の電源電圧変動などに起因する光出力の波長変動を補正する。

【0023】また、少なくとも異なる2波長以上の光波信号を同一の光伝送線路上に伝搬させることにより情報を伝達する波長多重光通信装置において、伝送線路内の光部品の挿入損失や光増幅器の利得の波長依存性から生じる各波長の光波信号間の受信端での光強度差を、各チャンネルの送信装置の光出力をその発振波長を変化させることなく調整する。

【0024】また、少なくとも異なる2波長以上の光波信号を同一の光伝送線路上に伝搬させることにより情報を伝達する波長多重光通信装置において、伝送線路内の光部品の挿入損失や光増幅器の利得の波長依存性から生じる各波長の光波信号間の受信端での信号対雑音比を調整する。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1には、本発明による半導体レーザモジュールの第1の実施例を示す。本発明による半導体レーザモジュールに用いる光源は、回折格子によって縦共振モードを単一化した分布帰還型半導体レーザ（以下DFBレーザ）101と電界吸収型光変調器部102とをモノリシック集積化した集積化光源11である。集積化光源11の前方光出力は前方コリメートレンズ12、伝送線路上の光部品などからの反射戻り光を遮断する光アイソレータ13、収束レンズ14を介して光ファイバ15へ光結合される。一方、集積化光源11の後方光出力は後方コリメートレンズ17を介して受光面の表面に高反射膜104コーティングを施した第1のフォトダイオード103に導かれる。この高反射膜104コーティングは反射率を50乃至80％程度に設定することで高反射膜104で反射されない光は第1のフォトダイオード103に入射するので第1のフォトダイオード103が光出力モニタ16を形成する。この光出力モニタ16の表面にコーティングされた高反射膜104によって反射したレーザ光はその透過損失が波長依存性を有する波長フィルタ18を介して受光面の表面に無反射膜1

05コーティングを施した第2のフォトダイオード106に導かれる。この無反射膜105コーティングを施した第2のフォトダイオード106が波長モニタ19を形成している。

【0026】本発明による半導体レーザモジュールでは集積化光源11、前方コリメートレンズ12、後方コリメートレンズ17、光出力モニタ16、波長フィルタ18、波長モニタ19の光学素子は温度検出素子20を実装した熱電子冷却素子21上に設置されたステム22上に実装されることで安定な温度に保持されるとともに、気密封止パッケージ23内にはんだづけまたはYAGレーザ溶接によって機械的にも安定に固定されている。

【0027】図2には、本発明による半導体レーザモジュールに使用する波長フィルタ18の透過損失の波長依存性と、この波長フィルタ18を透過した波長モニタ19のフォトダイオード106出力の波長依存性を示す。波長フィルタ18はファブリペロー共振器（エタロン）や誘電体多層膜をコーティングしたガラス素材などで作られ、その共振器長や薄膜構成などの設計値でたとえば図2（a）のように透過損失の波長依存性に周期性を持たせることや、図2（b）のように広い波長範囲で透過損失の波長依存性なだらかな特性を示すもの（いわゆるローパスフィルタやハイパスフィルタ）が製作可能である。この波長フィルタの透過損失の波長依存性の設計値は後述の光送信器の制御回路の特性に合わせた設計とすることが望ましい。

【0028】いずれのフィルタにおいても図2に示すように波長フィルタ18の透過損失が波長依存性を有しているので、波長フィルタ18を透過した光を受ける波長モニタ19のフォトダイオード106出力も波長に依存した出力となる。このため、光出力モニタ16の出力が一定になるよう光出力制御を行なった上で入射光の波長が変動した場合には光出力モニタ16の出力と波長モニタ19出力の差が所定の値から外れることになるため光出力モニタ16出力と波長モニタ19と光出力モニタ16の両者出力の差分値が所定の値になるようにDFBレーザ101の温度や注入電流を制御すれば予め設定された光出力と光波長を一定に保持することが可能となる。

【0029】図3は、図2（a）（b）に示した波長フィルタを使用した場合の波長モニタ、19並びに、光出力モニタ16の出力の波長依存性を示している。同図に示されるよう、光出力モニタ16の出力は入射光の波長に依存する要素を持たないため、例えば波長モニタ19出力と光出力モニタ16出力が同じ値になる点（差分が零の点）を所望の波長に設定した場合、入射光の波長が変動すると波長モニタ19出力と光出力モニタ16出力に差が生じる。従って、光出力モニタ16出力を設定された値に保持しつつこの差を零にするようDFBレーザ101の温度や注入電流を制御すれば予め設定された光出力と光波長を一定に保持することが可能となる。

【0030】図4は、波長モニタ19出力と光出力モニタ16出力の差分を得る回路の例である。同回路では波長モニタ19出力と光出力モニタ16出力はそれぞれカソード極の電位で与えられ、両者の電位を差動増幅器112の入力とすることで両者の差分出力113が得られる。

【0031】図4では、電源、抵抗を固定している。しかし、可変電源電圧、可変抵抗等を用いて、後段の差動増幅器112の識別点を操作すれば、任意の波長に設定できる。また、オフセット調整端子を有する差動増幅器112であれば直接の識別点を操作できる。

【0032】図5には、本発明による第1の実施例の半導体レーザモジュールを用いた光送信器の構成を示す。電気信号入力部201から入力された電気信号はドライバIC202を介して電界吸収型光変調器部102に電圧パルス信号として印可され、DFBレーザ101から発する光を強度変調し、光パルス信号203を光ファイバ15から出力するものである。

【0033】本発明による光送信器には光出力モニタ16の光出力変動を検出しDFBレーザ102の注入電流へフィードバックする光出力安定化回路204と温度検出素子20の抵抗値変動を検出し、熱電子冷却素子21にフィードバックする温度安定化回路205と図4に示した回路による光出力モニタ16と波長モニタ19の出力の差分を出力する差分出力回路209と差分出力回路209の差分出力113を温度安定化回路205にフィードバックする波長安定化回路206が構成してある。

【0034】同光送信器では、前述の通りDFBレーザ102の波長変動を光出力モニタ16の出力と波長モニタ19の出力の偏差として差分出力回路209によって差分出力113として取り出し、波長安定化回路206から温度安定化回路205へフィードバックする。この光出力安定化回路204、温度安定化回路205、波長安定化回路206の作用によって予め設定された光出力、光波長を一定に保持することが可能となる。

【0035】図6には、本発明による半導体レーザモジュールの第2の実施例を示す。本実施例では、DFBレーザ101の後方光出力をコリメートする、後方コリメートレンズ17、光出力モニタ16、波長モニタ19、波長フィルタ18を後面光学系支持部材114上に配置してある。光出力モニタ16と波長モニタ19は同一平面上に配置され、後方コリメートレンズ17と波長フィルタ18とはあらかじめ後面光学系支持部材114上に位置及び角度を調整して配置されている。

【0036】また、本実施例では波長フィルタ18の反射光を波長モニタ19で受光する形態となっている。前述の通り波長フィルタ18の透過損失が波長依存性を有しているから、その反射光強度も波長依存性があり、第1の実施例と逆の傾きの波長対波長モニタ19出力が得られることになる。本実施例では第1の実施例に比べ実

装面積が小型化できる利点があるとともに、光出力モニタ16と波長モニタ19は同一平面上に厳密な位置合わせを必要とせず配置でき、更に後方コリメートレンズ17と波長フィルタ18との相対的位置関係を調整固定または、後面光学系支持部材114上にガイド部分を設け、ガイド部分に合わせて各光学部品を配置すればよく、組み立てが容易となる。また、集積化光源11に対しては後面光学系支持部材114ごとレーザ光に対して平行方向、および、垂直方向に位置調整を行なうことで、光出力モニタ16と波長モニタ19の両者が所望の受光感度が得られるよう調整できる。

【0037】本実施例のように光出力モニタ16、波長モニタ19を含む光学系を後面光学系支持部材114上に配置し、後面光学系支持部材114ごと集積化光源11に対し位置調整を行なう形態とすることで、各光学部品の組み立て位置合わせが容易となるとともに、レーザ光に対して角度調整を必要とせず位置調整のみで組み立てることから、組み立てが極めて容易となる。

【0038】本実施例に示した後面光学系支持部材114は、本実施例のみならず、前述の図1、および、その他においても適用可能でレーザモジュールの組み立てを容易にする有効な手段であるので、以降の説明は省略する。

【0039】なお、本半導体レーザモジュールは図5に示した光送信器に適用可能である。

【0040】図7には、本発明による半導体レーザモジュールの第3の実施例を示す。本実施例ではDFBレーザ101の後方光出力をコリメートする後方コリメートレンズ17で集光されたビーム光の一部を直接第1のフォトダイオード103で受光するとともに、一部は波長フィルタ18を介して第2のフォトダイオード106で受光する構成となっている。本構成によって図1に示した第1の実施例と同じ機能を実現でき、第1のフォトダイオード103の位置並びに波長フィルタ18の角度を調整することで、図2で示した通り第1のフォトダイオード103は光出力モニタ16の出力を、第2のフォトダイオード106は波長モニタ19の出力を得ることができる。更に、本実施例によれば第1のフォトダイオード103の表面には高反射膜104コーティングが不要となり、光出力モニタ16、波長モニタ19ともに同じフォトダイオードを用いることができる利点がある。なお、本半導体レーザモジュールは図5に示した光送信器に適用可能である。

【0041】図8には、本発明による半導体レーザモジュールの第4の実施例を示す。本発明による半導体レーザモジュールに用いる光源はDFBレーザ101と電界吸収型光変調器部102と電界吸収型光変調器102と同じ構造の電界吸収型減衰器107をモノリシック集積化した集積化光源24である。本光素子はいわばDFBレーザ101前方に電界吸収部を二重に集積したもので

ある。本素子において、電界吸収型光変調器102部には高周波電気信号を印可することでDFBレーザ101から出射される光を強度変調する。もう一方の電界吸収型減衰器107部は定電圧を印可することでその電圧に応じてその入射光の光強度を減衰させる作用を有しているから、この特性を利用して印可する電圧を制御することで一定光強度レベルの光信号を得ることができる。集積化光源24以外の構造は第1の発明による半導体レーザモジュールと同一の構造となっている。

【0042】図9には、本発明による第4の実施例による半導体レーザモジュールを用いた光送信器の構成を示す。電気信号入力部201から入力された電気信号はドライバIC202を介して電界吸収型光変調器部102に電圧パルス信号として印可され、DFBレーザ101から発する光を強度変調され、光パルス信号203を光ファイバ15から出力するものである。本発明による光送信器には光出力モニタ16の出力変動を検出し電界吸収型減衰器107の印可電圧へフィードバックする光出力安定化回路207と温度検出素子20の抵抗値変動を検出し、熱電子冷却素子21にフィードバックする温度安定化回路205と図4に示した回路による光出力モニタ16と波長モニタ19の出力の差分を出力する差分出力回路209と差分出力回路209の差分出力113をDFBレーザ101の注入電流へフィードバックする波長安定化回路206が構成してある。同光送信器の波長安定化回路206では、DFBレーザ101の波長変動を光出力モニタ16の出力と波長モニタ19の出力の偏差を差分出力回路209の出力として取り出し、DFBレーザ101の注入電流へフィードバックすることで所定の発振波長となるよう制御を行っている。この光出力安定化回路207、温度安定化回路205、波長安定化回路206の作用によって予め設定された光出力、光波長を一定に保持することが可能となる。更に本発明による光送信器では電界吸収型減衰器107に印可する電圧を制御することで光パルス信号203の強度レベルを制御するものであるから、光強度レベルの制御によってDFBレーザ101の注入電流の変動がなく、光信号の波長変動が生じない。よって、光信号の波長を変化させることなく光パルス信号203の強度レベルを変化させることが可能となる。本発明による光送信器の光制御方法によれば電界吸収型減衰器107は印可した電圧に応じて光強度を減少させることは可能であるが、電界吸収型減衰器107への入射光の光強度を増幅することはできないため、DFBレーザ101の経時劣化に伴う光出力減少分を考慮して、動作初期状態では電界吸収型減衰器107に印可電圧を与えておく。このことによって見かけ上、DFBレーザ101の出射光を動作初期段階から減衰させた状態で動作させることになるが、本発明による半導体レーザモジュールではDFBレーザ101の後方に後方コリメートレンズ17を具備していることでD

FBレーザ101後方の光出力を有効に利用できることから光出力モニタ16および波長モニタ19で受光するに十分な光強度が得られる程度にDFBレーザ101の後端面の反射率を高くすることでDFBレーザ101前方の光出力を高出力化することができ、上記減衰分を補償している。

【0043】図10には、本発明による半導体レーザモジュールの第5の実施例を示す。本発明による半導体レーザモジュールに用いる光源はDFBレーザ101と電界吸収型光変調器部102と電界吸収型光変調器102と同じ構造の電界吸収型減衰器107をDFBレーザ101前方に、更に電界吸収型光変調器102と同じ構造の電界吸収型モニタ108をDFBレーザ101後方にモノリシック集積化した集積化光源25である。本素子において、電界吸収型光変調器102部には高周波電気信号を印可することでDFBレーザ101から出射される光を強度変調する。もう一方の電界吸収型減衰器107部は定電圧を印可することでその電圧に応じてその入射光の光強度を減衰させる作用を有しているから、この特性を利用して印可する電圧を制御することで一定光強度レベルの光信号を得ることができる。また、電界吸収型モニタ108はその入射光の光強度に応じた光電流が流れる特性を有しており、この光電流の変動をモニタすることで、電界吸収型モニタ108への入射光の光強度変動、即ちDFBレーザ101の出力変動をモニタすることになる。即ち、この電界吸収型モニタ108は光出力モニタ16と同じ機能を有する。従って、集積化光源25後方には光出力モニタ16が不要となり、かつ集積化光源25後方の光出力強度が波長モニタ19で受光するに十分な光強度が得られれば、後方コリメートレンズ17も不要となることから光送信器のコスト低減も可能となる。この後方光学系以外の構造は第1の発明による半導体レーザモジュールと同一の構造となっている。

【0044】図11には、第5の実施例による半導体レーザモジュールを用いた光送信器の構成を示す。電気信号入力部201から入力された電気信号はドライバIC202を介して電界吸収型光変調器部102に電圧パルス信号として印可され、DFBレーザ101から発する光を強度変調した光パルス信号203を光ファイバ15から出力するものである。

【0045】本発明による光送信器には電界吸収型モニタ108に流れる光電流の変動をモニタすることで、DFBレーザ101の出力変動を検出し、電界吸収型減衰器107の印可電圧へフィードバックする光出力安定化回路207と温度検出素子20の抵抗値変動を検出し、熱電子冷却素子21にフィードバックする温度安定化回路205と図4に示した回路による光出力モニタ16と波長モニタ19の出力の差分を出力する差分出力回路209と差分出力回路209の差分出力113をDFBレーザ101の注入電流へフィードバックする波長安定化

回路206が構成してある。

【0046】同光送信器の波長安定化回路206では、DFBレーザ101の波長変動を光出力モニタ16の出力と波長モニタ19の出力の偏差を差分出力回路209の出力として取り出し、DFBレーザ101の注入電流へフィードバックすることで所定の発振波長となるよう制御を行っている。この光出力安定化回路207、温度安定化回路205、波長安定化回路206の作用によって予め設定された光出力、光波長を一定に保持することが可能となる。本発明による光送信器の光出力制御方法は電界吸収型モニタ108が入射した光の強度に応じて光電流に変換するものであることから、電界吸収型モニタ108に流れる光電流を一定に保持するよう電界吸収型減衰器107に印可する電圧を制御することで出射光の光強度、即ち半導体レーザ素子の出力光を一定に保持することが実現できる。

【0047】更に、本発明による光送信器では光強度レベルの制御によってDFBレーザ101の注入電流の変動がないことから、光信号の波長変動が生じない。よって、光信号の波長を変化させることなく光パルス信号203の強度レベルを変化させることが可能となる点は第2の発明による光送信器と同じである。

【0048】また、本発明による光送信器の光制御方法によれば光出力モニタ16が不要となることから波長モニタ19で受光するに十分な光強度が得られる程度にDFBレーザ101の後端面の反射率を高くすることでDFBレーザ101前方の光出力を高出力化することができ、予めDFBレーザ101の経時劣化に伴う光出力減少分を考慮して、動作初期状態で電界吸収型減衰器107に電圧印可しておく分の光強度減衰分を補償している。

【0049】図12には、本発明による半導体レーザモジュールの第6の実施例を示す。本発明による半導体レーザモジュールに用いる光源はDFBレーザ101の活性層部分にヒータ109を埋蔵し、電界吸収型光変調器部102とをモノリシック集積化した集積化光源26である。本集積化光源26はヒータ109部に供給する電流を制御することでDFBレーザ101の活性層を部分加熱し、発振波長を任意に変化させる機能を有している。集積化光源26以外の構造は第1の発明による半導体レーザモジュールと同一の構造となっている。

【0050】図13には、第6の実施例による半導体レーザモジュールを用いた光送信器の構成を示す。本発明による光送信器では図4に示した回路による光出力モニタ16と波長モニタ19の出力の差分を出力する差分出力回路209と差分出力回路209の差分出力113をフィードバックする制御信号をフィードバックする波長安定化回路206のフィードバック先がDFBレーザ101の活性層部分にヒータ109になっている。この波長安定化回路206のフィードバック信号によって本集

積化光源26はヒータ109部に供給する電流を制御することでDFBレーザ101の活性層を部分加熱し、発振波長を制御するものである。光出力モニタ16の出力変動を検出しDFBレーザ101の注入電流へフィードバックする光出力安定化回路204と温度検出素子20の抵抗値変動を検出し、熱電子冷却素子21にフィードバックする温度安定化回路205との作用は第1の実施例による光送信器と同じ構造であり、この光出力安定化回路204、温度安定化回路205、波長安定化回路206の作用によって第1の実施例による光送信器と同様に予め設定された光出力、光波長を一定に保持することが可能となる。また、波長安定化回路206から本集積化光源26のヒータ109部に供給する電流を制御することでDFBレーザ101の活性層を部分加熱し発振波長を任意に変化させることも可能であり、突発的に送信器の発振波長チャンネルを変更する必要がある場合の対応や、同一構造の光送信器を複数個準備するだけで波長多重通信が実現できるなどの実用上の応用範囲が広がる。

【0051】図14には、本発明による第1乃至第6の実施例による光送信器を用いて波長1.55 μ m帯の双方向波長多重光伝送装置を作製した例を示す。装置は各チャンネルの波長信号を発する光送信器300、光合波器301、前段光増幅器302、光ファイバ303、インライン増幅器304、後段光増幅器305、光分波器306、光受信器307で構成されている。波長多重光伝送装置では1本の光ファイバ303に2波長以上の光信号を伝送するものであるから、光ファイバ303に導入する光信号の数（チャンネル数）を増やすことで容易に信号伝達量をそのチャンネル数分倍増することが可能である。

【0052】しかしながら、実用上は光合波器301、前段光増幅器302、光ファイバ303、インライン増幅器304、後段光増幅器305、光分波器306等の光伝送線路を構成する要素の波長帯域の制限から一本の光ファイバ303に導入しうる光信号の数（チャンネル数）にも限度がある。このため、更に信号伝達量を増加させるためには各チャンネル間の波長間隔を狭くすることで光伝送線路を構成する要素の波長帯域の制限内でチャンネル数を増加させる手段がとられる。このように各チャンネル間の波長間隔を狭くするためには、各チャンネルの波長と隣接チャンネルとの波長間隔が長期間安定に維持されなければ隣接チャンネルとの信号干渉が生じてしまい、正確な信号伝達が出来なくなる。本発明による光送信器ではそうした隣接チャンネルとの波長間隔を長期間安定に維持するために、図1及び図5乃至図13に示したような各チャンネルの波長を一定に保持する機能を半導体レーザモジュール並びに光送信器に付加してあることからこの機能を用いて隣接チャンネルとの波長間隔を長期間安定に維持できる波長多重光伝送装置を実

現できる。

【0053】図15(a)は図14に示した光伝送装置における1530nmから1560nm帯での送信端から受信端にいたる全伝送損失の波長依存性を示している。図示のように特に1540nm近傍での伝送損失が他の波長域に比べ大きい。これは特にエルビウムを添加した光ファイバ増幅器の利得波長依存性を反映した結果である。この大きな伝送損失の波長依存性を補償するために従来は光減衰器を光送信器の外部に取り付け調整を行っていた。本発明では図8乃至図13に示したような発振波長を変動させることなく光出力を変化させる機能を付加してあることからこの機能を用いて伝送損失の波長依存性補償を行なうことができる。この出力調整は各チャンネルの電界吸収型減衰器107に印可する電圧を制御することで容易に実現可能である。

【0054】図15(b)には、信号成分S(Signal)と雑音成分N(Noise)とした時、上記機能によって各チャンネルの受信端での入力レベル(S+N)を一定に調整した場合の各チャンネルの光出力分布を示す。

【0055】図15(c)には、上記機能によって各チャンネルの受信端での信号対雑音比(S+N)を一定に調整した場合の各チャンネルの光出力分布を示す。図15(b)、図15(c)いずれの場合においても本発明による図8乃至図9に示したような発振波長を変動させることなく光出力を変化させる機能を用いて伝送損失の波長依存性補償を容易に行なうことができる。

【0056】受信端でのS/N又はS+Nを一定にするためには、受信入力レベルをモニタし、そのモニタ値を送信端に戻す必要があるが、通常の光伝送システムにおいては例えば、あるチャンネルで信号受信が不可能若しくは受信感度が著しく劣化したなど何らかの障害が発生した際に送信チャンネルを送信側の予備系(バックアップ系)に切り替えるなどの障害回避を行なうために通常の信号伝達系とは別に監視系の伝送回線が設置されている。(極めて一般的な公知技術のため図示せず。)よって、この監視系を用いて受信端での各チャンネルS/N又はS+Nの変動を各チャンネルの送信器にフィードバックし、図8乃至図13に示したような各チャンネルの電界吸収型減衰器107に印可する電圧を制御することで発振波長を変動させることなく光出力調整を容易に実現可能である。

【0057】また、送信、受信の双方向通信システムでは通常用いられるSDH、SONETなどのフレームフォーマットの空きバイトを用いて受信端から送信端への受信入力レベルのフィードバック信号を伝達することも可能である。

【0058】さらには伝送クロックを上げ、情報信号に符号訂正信号を付加したFEC(Forward Error Correction)形態の伝送システムで

は、符号訂正信号と受信端から送信端への受信入力レベルのフィードバック信号を付加することで受信端から送信端への受信入力レベルをモニタ値をフィードバックすることが可能である。

【0059】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて説明したように本発明によれば予め設定された光出力、光波長を長期間安定に保持する光送信器を実現でき、特に波長多重光通信を行なう光伝送装置において各チャンネルの波長と隣接チャンネルとの波長間隔が長期間安定に維持できる。また、本発明によれば光送信器に発振波長を変動させることなく光出力を変化させる機能を付加してあることからこの機能を用いて波長多重光通信を行なう光伝送装置において各チャンネルの各伝送損失の波長依存性補償を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体レーザモジュールの第1の実施例を示す図である。

【図2】本発明による半導体レーザモジュールに使用する波長フィルタの透過損失と波長モニタ出力の波長依存性を示す図である。

【図3】波長モニタ出力と光出力モニタ出力の波長依存性を示す図である。

【図4】波長モニタ出力と光出力モニタ出力の差分を得る差分出力回路の回路図である。

【図5】本発明による第1、第2、第3の実施例の半導体レーザモジュールを用いた光送信器の構成図である。

【図6】本発明による半導体レーザモジュールの第2の実施例を示す図である。

【図7】本発明による半導体レーザモジュールの第3の実施例を示す図である。

【図8】本発明による半導体レーザモジュールの第4の実施例を示す図である。

【図9】本発明による第4の実施例の半導体レーザモジュールを用いた光送信器の構成図である。

【図10】本発明による半導体レーザモジュールの第5の実施例を示す図である。

【図11】本発明による第5の実施例の半導体レーザモジュールを用いた光送信器の構成図である。

【図12】本発明による半導体レーザモジュールの第6の実施例を示す図である。

【図13】本発明による第6の実施例の半導体レーザモジュールを用いた光送信器の構成図である。

【図14】本発明による第1乃至第6の実施例の光送信器を用いた光伝送装置の構成図である。

【図15】光伝送装置における1530nmから1560nm帯での送信端から受信端にいたる全伝送損失の波長依存性を示す図である。

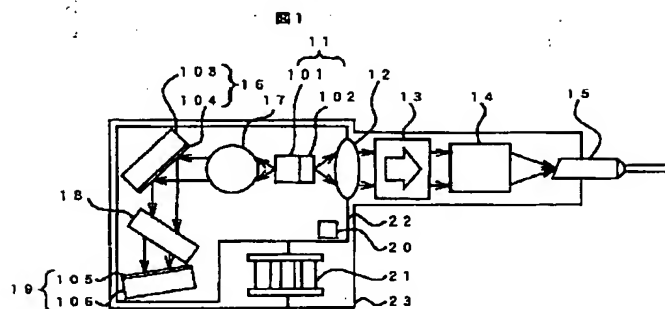
【符号の説明】

11…集積化光源、

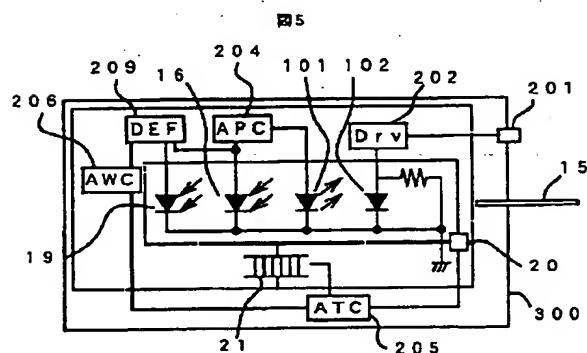
1 2…前方コリメートレンズ、
 1 3…光アイソレータ、
 1 4…収束レンズ、
 1 5…光ファイバ、
 1 6…光出力モニタ、
 1 7…後方コリメートレンズ、
 1 8…波長フィルタ、
 1 9…波長モニタ、
 2 0…温度検出素子、
 2 1…熱電子冷却素子、
 2 2…ステム、
 2 3…気密封止パッケージ、
 2 4…集積化光源、
 2 5…集積化光源、
 2 6…集積化光源、
 1 0 1…DFBレーザ、
 1 0 2…電界吸収型光変調器部、
 1 0 3…第1のフォトダイオード、
 1 0 4…高反射膜、
 1 0 5…無反射膜、
 1 0 6…第2のフォトダイオード、
 1 0 7…電界吸収型減衰器、
 1 0 8…電界吸収型モニタ、

1 0 9…ヒータ、
 1 1 0…波長モニタの出力強度の波長依存性、
 1 1 1…光出力モニタの出力強度の波長依存性、
 1 1 2…差動増幅器、
 1 1 3…差分出力、
 1 1 4…後面光学系支持部材、
 2 0 1…電気信号入力部、
 2 0 2…ドライバIC、
 2 0 3…光パルス信号、
 2 0 4…光出力安定化回路、
 2 0 5…温度安定化回路、
 2 0 6…波長安定化回路、
 2 0 7…光出力安定化回路、
 2 0 9…差分出力回路、
 3 0 0…光送信器、
 3 0 1…光合波器、
 3 0 2…前段光増幅器、
 3 0 3…光ファイバ、
 3 0 4…インライン増幅器、
 3 0 5…後段光増幅器、
 3 0 6…光分波器、
 3 0 7…光受信器。

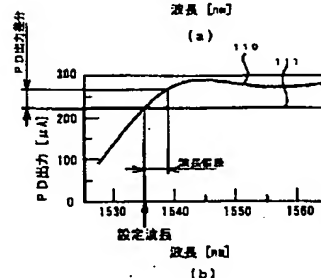
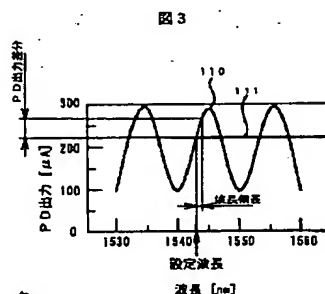
【図1】



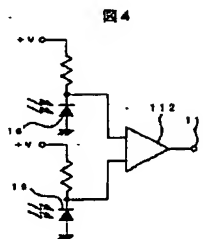
【図5】



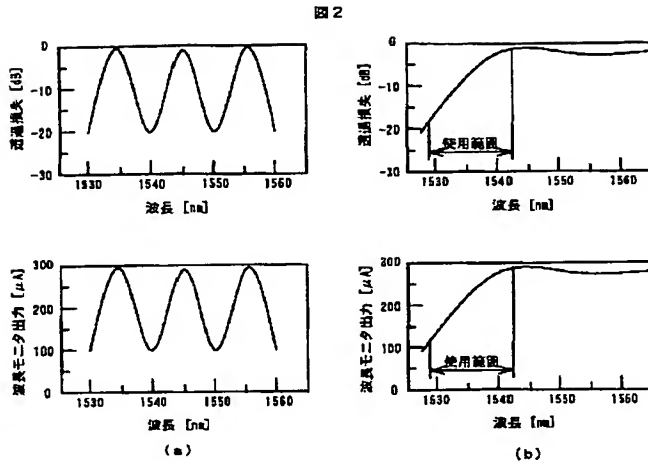
【図3】



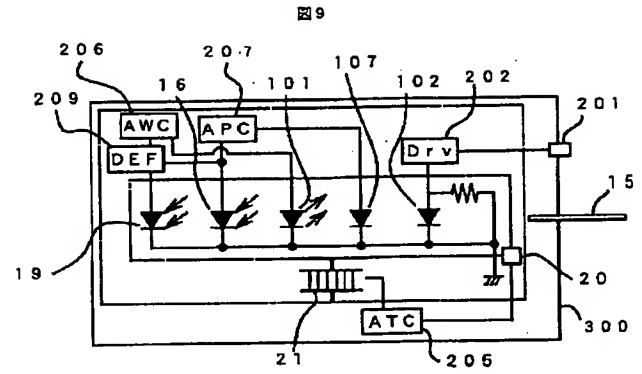
【図4】



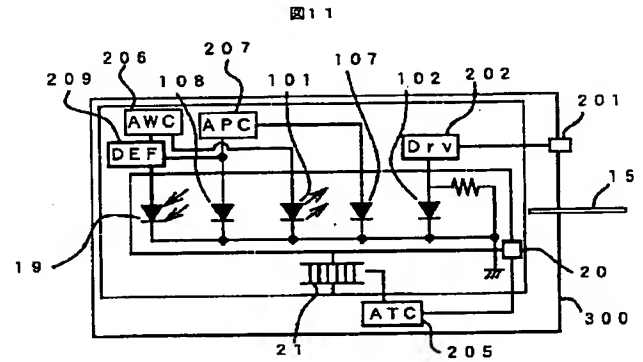
【図2】



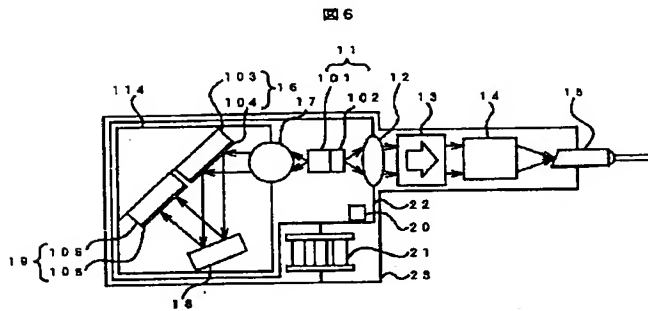
【図9】



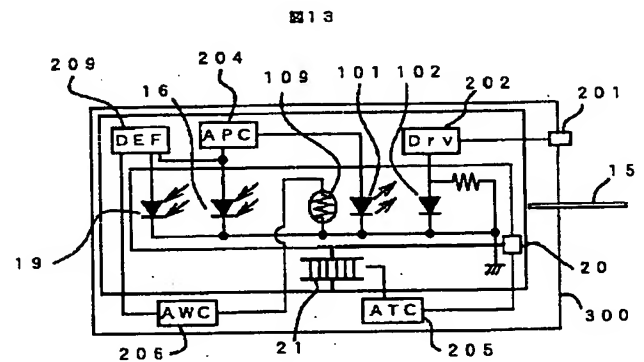
【図11】



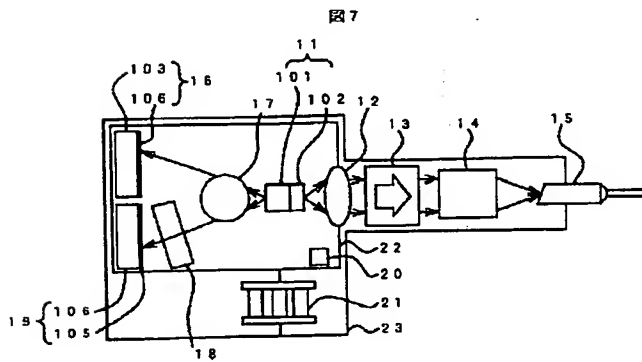
【図6】



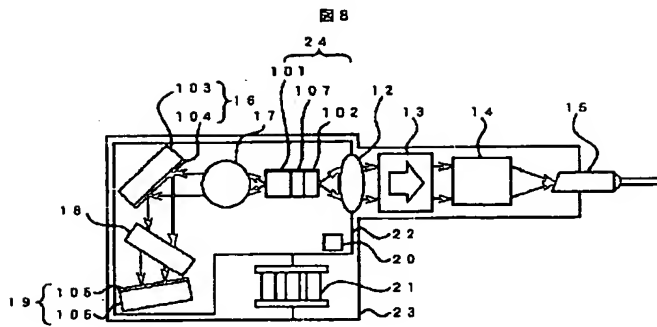
【図13】



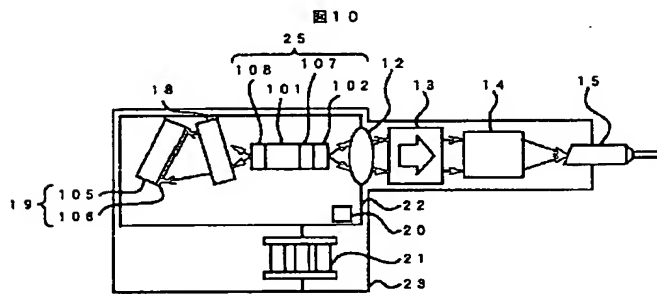
【図7】



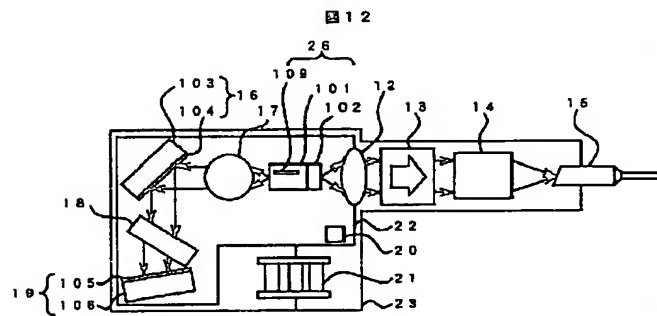
【図8】



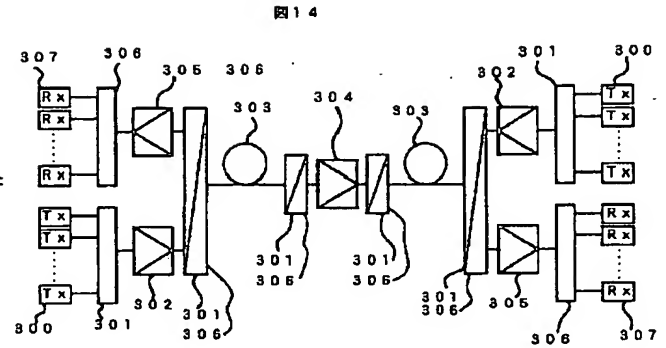
【図10】



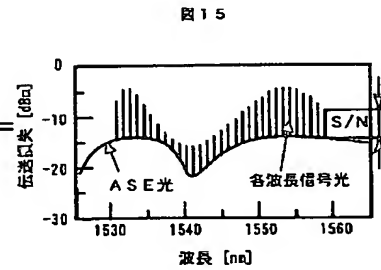
【図12】



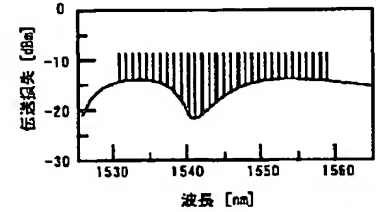
【図14】



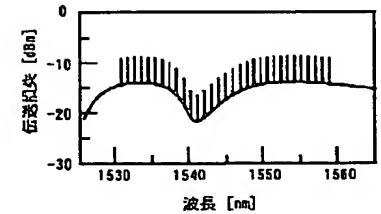
【図15】



(a)



(b)



(c)

フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 S 5/06S7

5/12

(72) 発明者 藤原 祥隆
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所通信事業部内

(72) 発明者 大槻 昌徳
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所通信事業部内

(72) 発明者 前田 文秀
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所通信事業部内

(72) 発明者 大山 徹
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所通信事業部内

(72) 発明者 黒口 克己
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所通信事業部内

Fターム(参考) 5F073 AA64 AB12 AB21 AB25 AB27
AB28 AB30 EA03 EA29 FA02
FA25 FA29 GA12 GA13 GA14
GA23
5K002 AA01 BA02 BA13 BA21 CA01
CA02 CA05 CA11 DA02 FA01